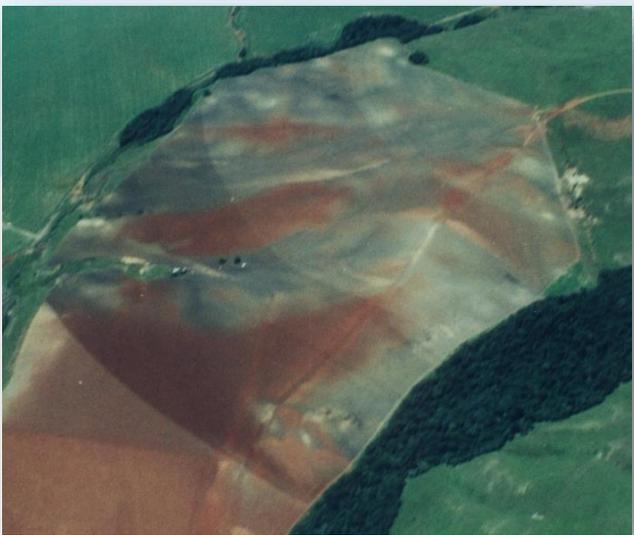




16 a 20  
outubro  
2016

Centro de  
Convenções de  
GOIÂNIA - GO



# AGRICULTURA DE PRECISÃO: ESTADO ATUAL E PERSPECTIVAS FUTURAS

---

FERTBIO 2016 – RUMO AOS NOVOS DESAFIOS

Centro de Convenções de Goiânia

18 de outubro de 2016

Leandro M. Gimenez



2016



# Breve retrospectiva AP no Brasil

## Final dos anos 90

Primeiros eventos científicos, oferta de equipamentos no mercado

## 2000 a 2005

Projetos de validação, primeiros prestadores de serviço

## 2005 a 2010

Equipamentos nacionais, sistemas de direcionamento

## 2010 a 2015

Consolidação da amostragem localizada, sensores de vigor de plantas, veículos não tripulados, ABPSAP

## 2016 - ...

AsBraAP, 3ª rede Embrapa, Unidades de manejo, Big data



# Agricultura de Precisão

É um **sistema de gerenciamento agrícola** baseado na **variação espacial e temporal** da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente

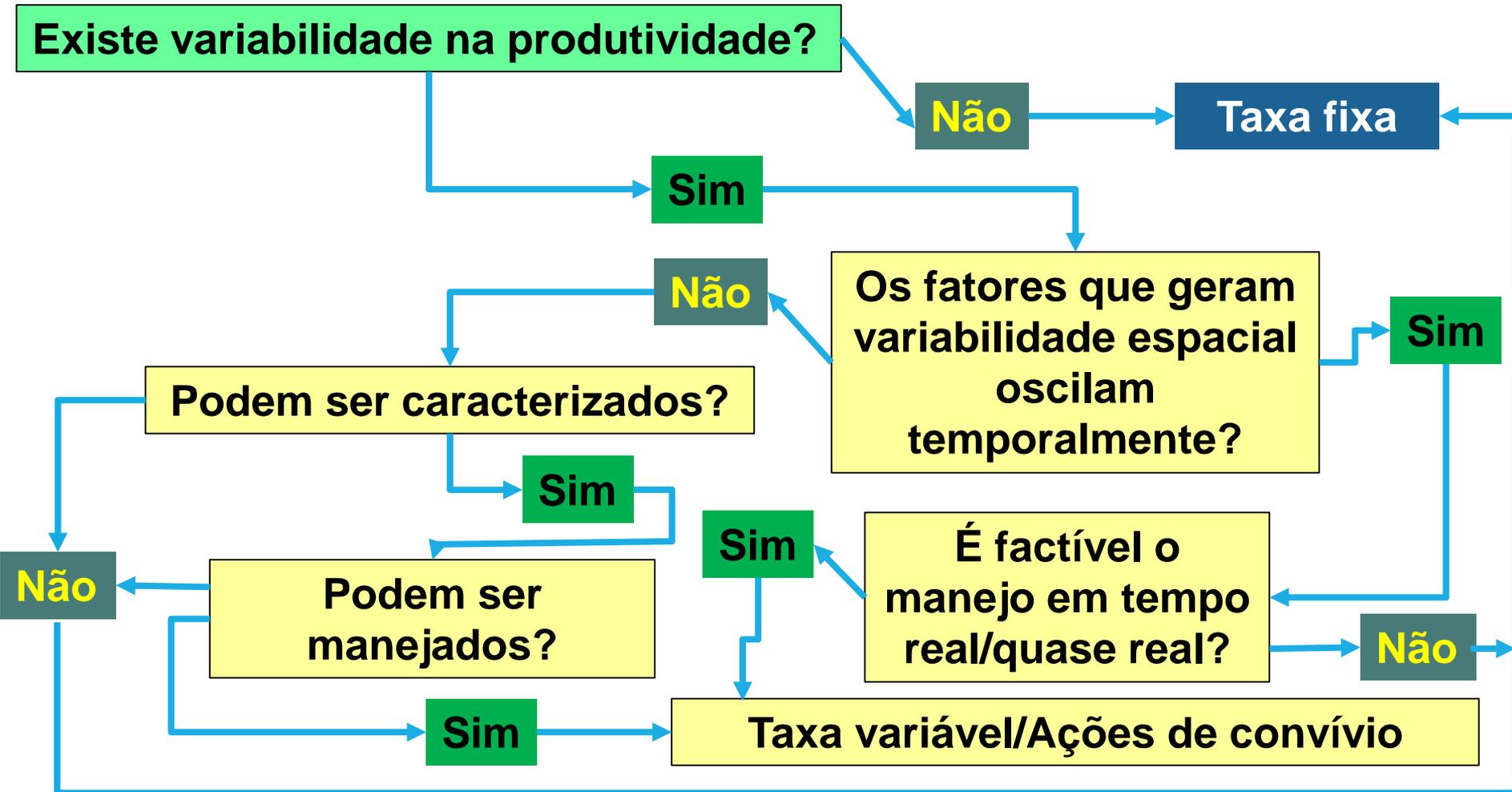
Fonte: MAPA

# Grandes Desafios – Oportunidades

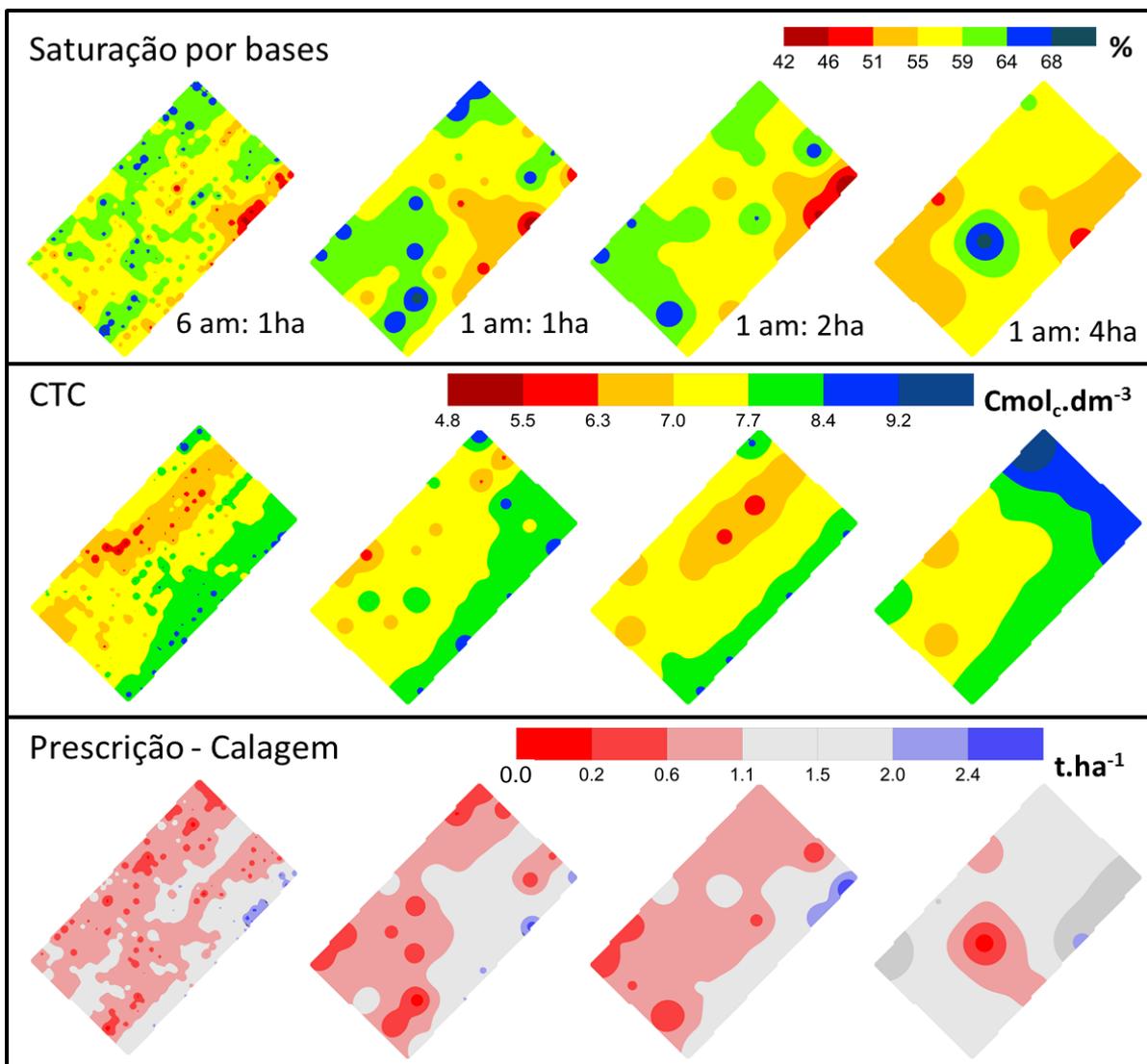
1. Educação e treinamento
2. Aspectos Operacionais
3. Aspectos Técnicos

# Educação e Treinamento

- Recém formados da área de agrárias carecem de disciplinas em seus currículos;
- Cursos específicos sobre o tema: recursos humanos absorvidos pela indústria;
- Operadores de máquinas agrícolas treinados apenas para operar;
- Produtores/decisório com dificuldade em analisar propostas e resultados;



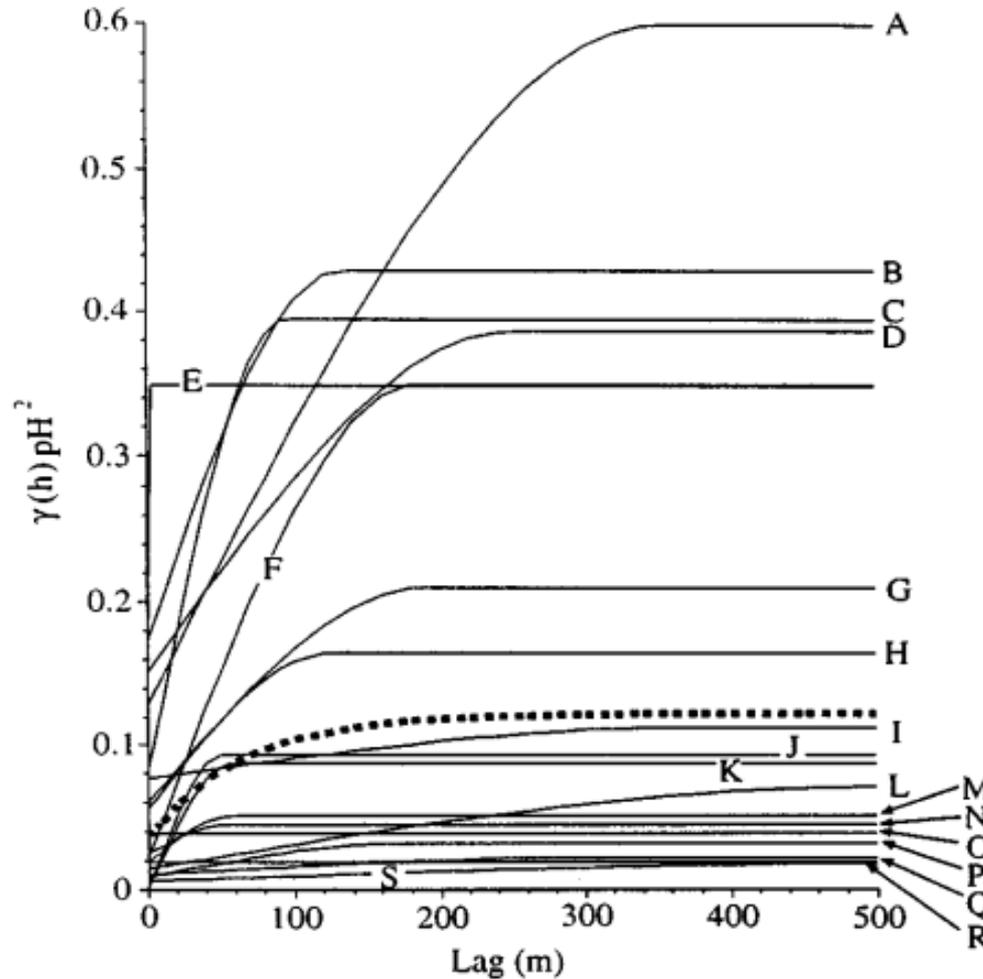
Fonte: ACPA



**1 amostra  
para  
2 hectares  
Adequado para  
a maioria das  
condições**

**A quantidade  
total de produto  
a ser aplicado  
varia?**

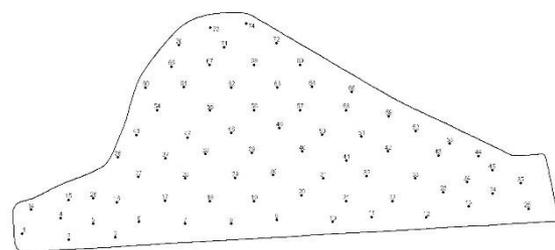
Gimenez e Zancanaro (2012)



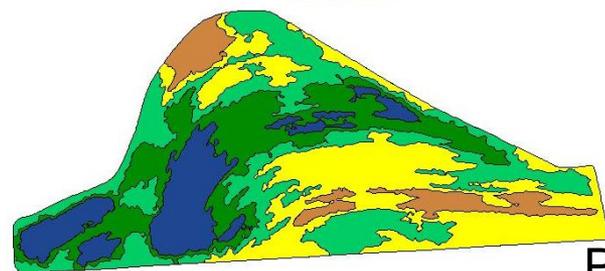
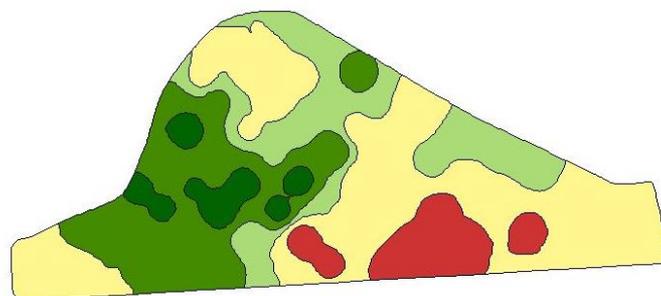
- A - Pierce *et al.* (1995), Durand
- B - Mulla (1993)
- C - Pierce *et al.* (1995), Adrian
- D - Adderley *et al.* (1997)
- E - Uehara *et al.* (1985)
- F - Webster & McBratney (1987)
- G - Pierce *et al.* (1995),  
Plainwell
- H - Birrell *et al.* (1996)
- I - Berry (1996)\*
- J - Kristensen *et al.* (1995), Riso
- K - Kristensen *et al.* (1995),  
Vindum
- L - Tabor *et al.* (1985)
- M - Laslett *et al.* (1987), CaCl<sub>2</sub>
- N - Laslett *et al.* (1987), Water
- O - Campbell (1978), Pawnee
- P - Kelso (1996)\*
- Q - Shatar (1996)
- R - Campbell (1978), Ladysmith
- S - Rowlands A1 (1996)\*

**Estimating Average and Proportional Variograms of Soil Properties and Their Potential Use in Precision Agriculture**  
. B. MCBRATNEY AND M. J. PRINGLE, *Precision Agriculture*, 1, 125-152 (1999)

# Interpretação



Teor de potássio



Produtividade

|                            | Amostras 0 – 10 |              |                            |
|----------------------------|-----------------|--------------|----------------------------|
|                            | Cea raso        | Cea profunda | Produtividade algodão 2014 |
| Cea raso                   | 1.00            |              |                            |
| Cea profunda               | 0.98            | 1.00         |                            |
| Produtividade algodão 2014 | 0.72            | 0.69         | 1.00                       |
| Areia grossa               | 0.41            | 0.37         | -0.51                      |
| Areia fina                 | -0.61           | -0.57        | -0.69                      |
| Areia total                | -0.95           | -0.91        | -0.68                      |
| Silte                      | 0.05            | 0.11         | 0.60                       |
| Argila                     | 0.93            | 0.88         | 0.68                       |
| pH                         | -0.18           | -0.17        | -0.59                      |
| MO                         | 0.29            | 0.35         | 0.17                       |
| P                          | -0.08           | -0.11        | -0.39                      |
| K                          | 0.63            | 0.68         | 0.67                       |
| Ca                         | 0.15            | 0.17         | -0.47                      |
| Mg                         | -0.24           | -0.25        | -0.54                      |
| Al                         | 0.00            | 0.00         | 0.00                       |
| H+Al                       | 0.36            | 0.36         | 0.71                       |
| SB                         | 0.02            | 0.03         | -0.50                      |
| CTC                        | 0.30            | 0.30         | -0.23                      |
| V%                         | -0.20           | -0.19        | -0.64                      |
| M%                         | 0.10            | 0.09         | 0.55                       |

Fundação MT (2014)

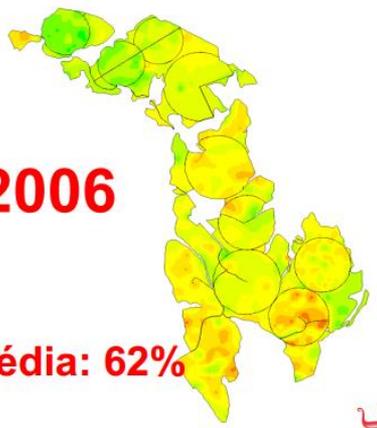
Mapa de Saturação por Bases (%)

**2006**

**Média: 62%**



Produtor : Van Ass Semente  
 Fazenda : Van ass Semente  
 Ano : 2006  
 Média Saturação por Bases : 61,53 %  
 Mínimo Saturação por Bases : 14,00 %  
 Máximo Saturação por Bases : 93,40 %  
 Saturação por Bases (%)  
 90,00 - 100,00 ( 3,3 ha)



Mapa de Saturação por Bases (%)

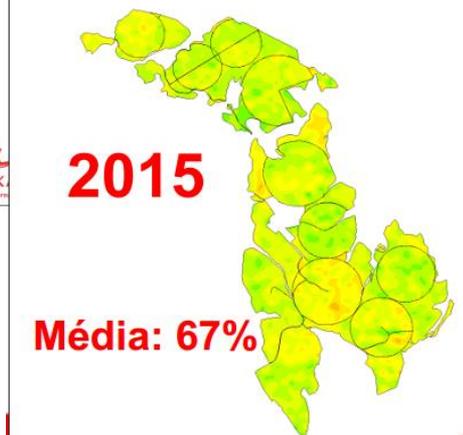
**2015**

**Média: 67%**



Produtor : Sementes Van Ass  
 Fazenda : Granja Limburgia  
 Área : 1473,98 ha  
 Média Saturação por Bases : 66,82 %  
 Mínimo Saturação por Bases : 30,80 %  
 Máximo Saturação por Bases : 93,80 %

Saturação por Bases (%)  
 90,00 - 100,00 ( 0,04 ha)  
 80,00 - 90,00 ( 47,18 ha)  
 70,00 - 80,00 (431,95 ha)  
 60,00 - 70,00 (619,80 ha)  
 50,00 - 60,00 (242,94 ha)  
 40,00 - 50,00 ( 45,23 ha)  
 30,00 - 40,00 ( 3,04 ha)  
 20,00 - 30,00 ( 0,00 ha)  
 10,00 - 20,00 ( 0,00 ha)

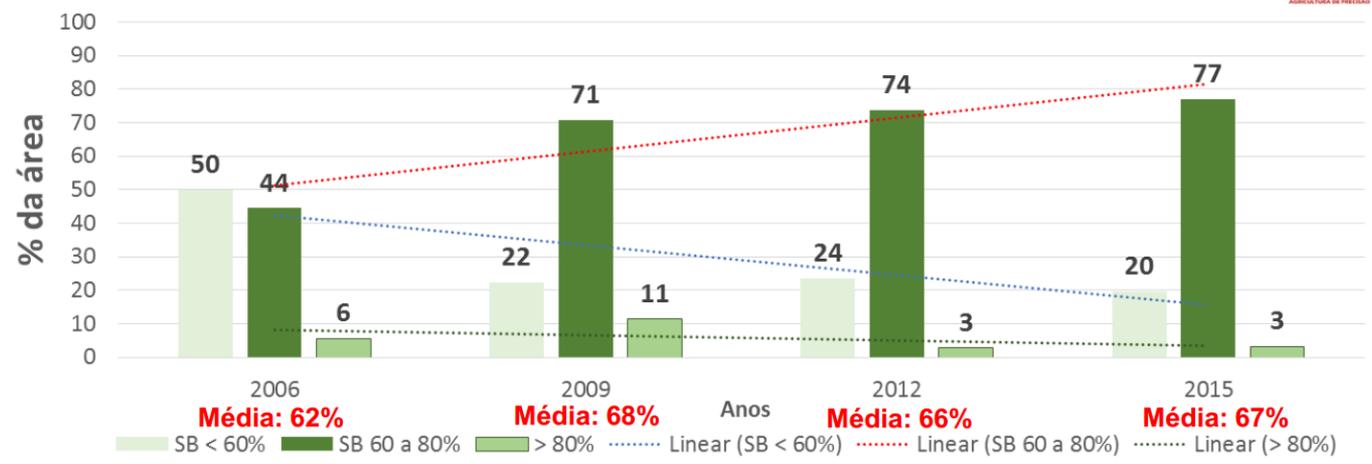


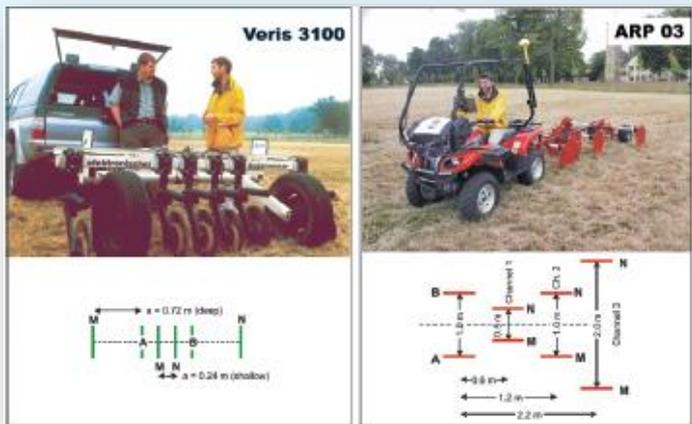
**16 a 20 outubro 2016**

**Centro de Convenções de GOIÂNIA - GO**

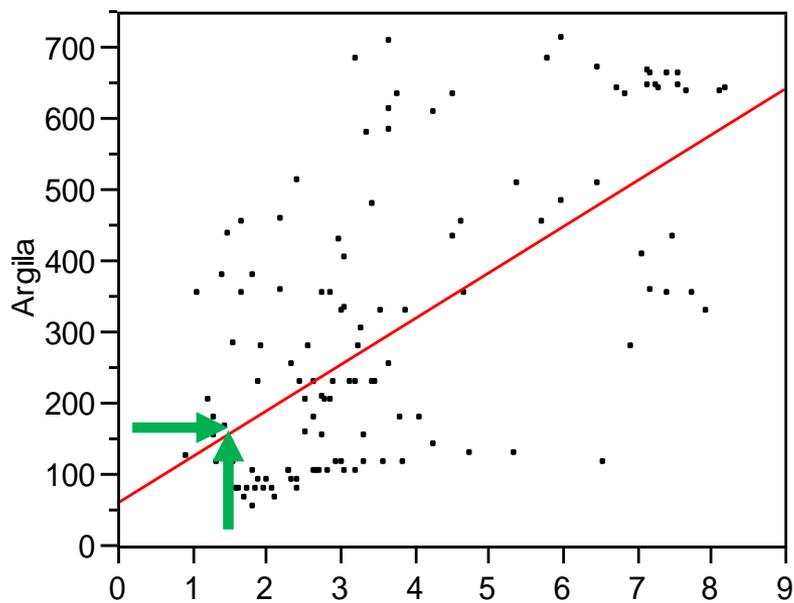
Agradecimento: Alan Acosta

Evolução da SB% - Limburgia - Van Ass Sementes





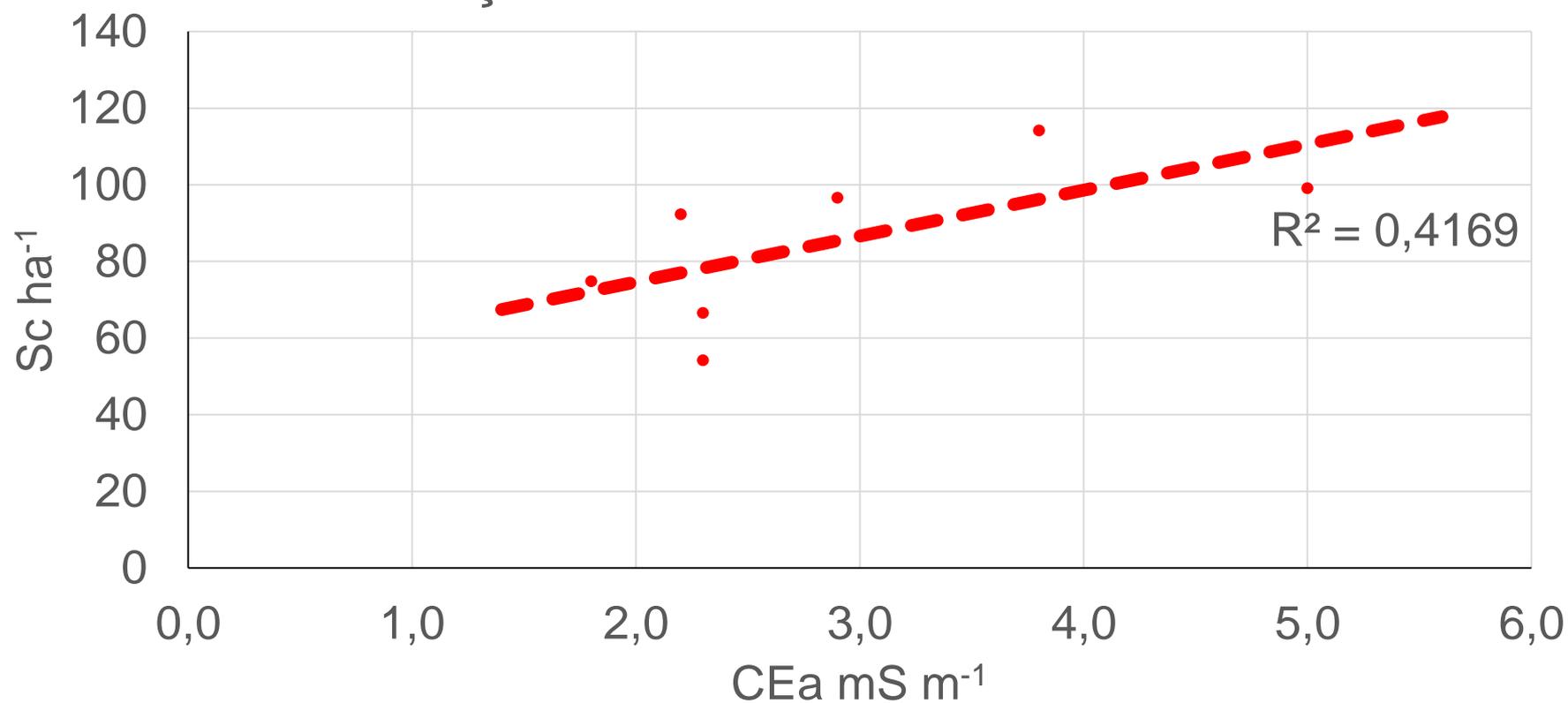
Gebbers et al. (2009)



Argila < 150 g kg<sup>-1</sup>  
 CEa < 1,6 mS m<sup>-1</sup>

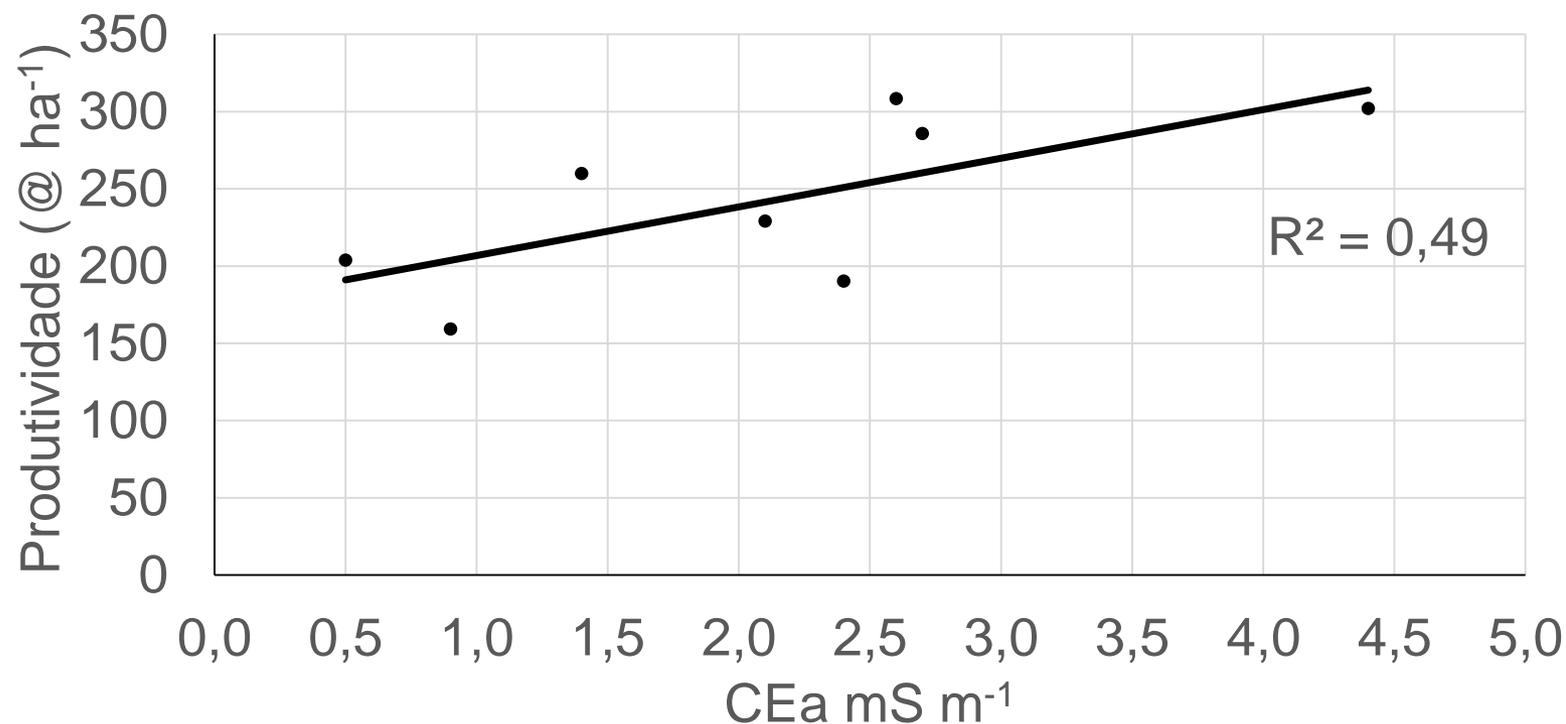


## Relação entre CEa e Produtividade Milho



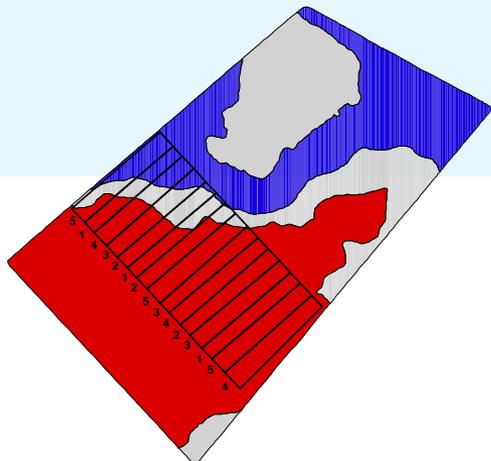
## Valores médios de 8 talhões

### Relação entre CEa e produtividade do Algodão



# Identificação das áreas mais restritivas

| Parâmetro estatístico | T175 | T57  | T171 | T98  | T159 | T154 | T155 | T212 | T261 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Média                 | 4,9  | 5,9  | 2,7  | 2,8  | 2,2  | 3,6  | 4,6  | 7,6  | 2,8  |
| Mínimo                | 2,4  | 4,5  | 1,3  | 1,6  | 0,8  | 1,5  | 1,7  | 6,3  | 1,1  |
| Máximo                | 8,0  | 8,3  | 4,6  | 4,9  | 4,2  | 5,7  | 7,3  | 10,4 | 5,8  |
| Desvio Padrão         | 1,0  | 0,6  | 0,7  | 0,6  | 0,8  | 0,7  | 1,0  | 0,7  | 1,1  |
| CV (%)                | 20,0 | 10,0 | 25,3 | 20,5 | 35,1 | 20,9 | 21,8 | 9,3  | 37,9 |



16 a 20  
outubro  
2016

Centro de  
Convenções de  
GOIÂNIA - GO

# Experimento

| Prof. | Parâmetro | MO   | pH  | P  | S  | K    | Ca    | Mg    | Al   | H+Al  | SB    | CTC    | V% | M%   | AT  | Silte | Argila |
|-------|-----------|------|-----|----|----|------|-------|-------|------|-------|-------|--------|----|------|-----|-------|--------|
| 0-10  | Média     | 28,6 | 5,9 | 69 | -  | 1,3  | 48,5  | 21,4  | 0,1  | 19,1  | 71,3  | 90,3   | 78 | 0,2  | -   | -     | -      |
| 0-10  | CV %      | 33,5 | 4,3 | 19 | -  | 53,4 | 22,3  | 24,0  | 31,7 | 21,7  | 21,9  | 16,3   | 7  | 32,7 | -   | -     | -      |
| 0-10  | CEa alta  | 28   | 6,0 | 65 | -  | 2,16 | 62,25 | 34,76 | 0,13 | 14,72 | 99,17 | 113,80 | 87 | 0,13 | -   | -     | -      |
| 0-10  | CEa média | 24   | 6,2 | 91 | -  | 0,75 | 49,40 | 24,44 | 0,08 | 16,35 | 74,59 | 90,94  | 82 | 0,11 | -   | -     | -      |
| 0-10  | CEa baixa | 18   | 6,1 | 67 | -  | 0,43 | 31,29 | 15,93 | 0,04 | 16,35 | 47,65 | 64,00  | 74 | 0,09 | -   | -     | -      |
| 10-20 | Média     | 23,3 | 5,2 | 26 | -  | 1,0  | 23,3  | 10,3  | 0,5  | 27,1  | 34,6  | 61,7   | 56 | 1,9  | 808 | 19    | 173    |
| 10-20 | CEa alta  | 25   | 5,7 | 28 | -  | 1,90 | 36,56 | 15,75 | 0,17 | 18,17 | 54,21 | 72,38  | 75 | 0,32 | 756 | 17    | 227    |
| 10-20 | CEa média | 18   | 5,8 | 39 | -  | 0,62 | 30,09 | 16,83 | 0,17 | 16,35 | 47,54 | 63,89  | 74 | 0,36 | 905 | 20    | 75     |
| 10-20 | CEa baixa | 25   | 5,6 | 27 | -  | 0,56 | 23,28 | 12,31 | 0,13 | 18,17 | 36,14 | 54,31  | 67 | 0,36 | 910 | 15    | 75     |
| 20-40 | Média     | 15,5 | 4,6 | 8  | 6  | 0,6  | 6,0   | 3,1   | 2,1  | 27,2  | 9,7   | 36,9   | 26 | 19,9 | -   | -     | -      |
| 20-40 | CEa alta  | 16   | 4,3 | 6  | 11 | 1,07 | 9,66  | 4,89  | 0,24 | 22,43 | 15,62 | 38,05  | 41 | 1,48 | -   | -     | -      |
| 20-40 | CEa média | 16   | 5,3 | 15 | 3  | 0,41 | 13,29 | 8,87  | 0,18 | 18,17 | 22,57 | 40,74  | 55 | 0,78 | -   | -     | -      |
| 20-40 | CEa baixa | 12   | 5,1 | 12 | 3  | 0,29 | 6,37  | 3,62  | 0,12 | 20,19 | 10,27 | 30,46  | 34 | 1,13 | -   | -     | -      |

# Experimento

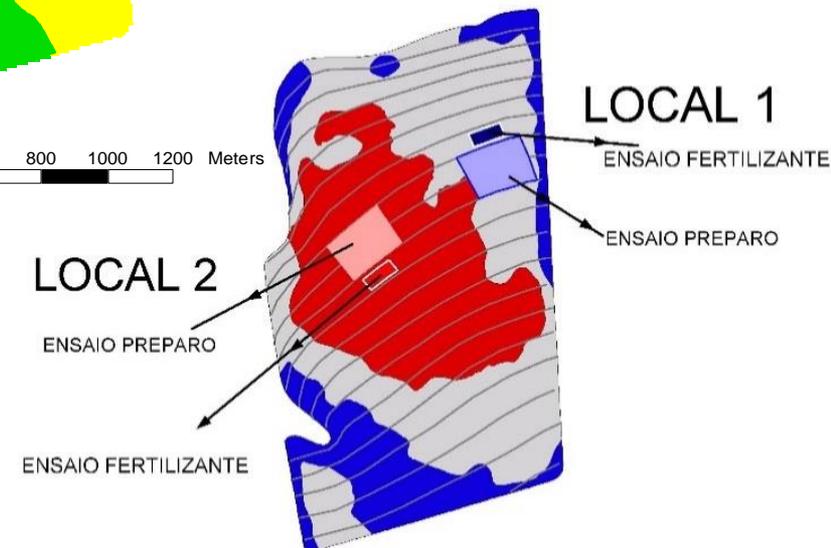
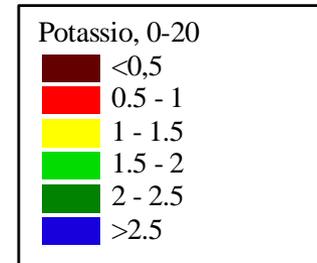
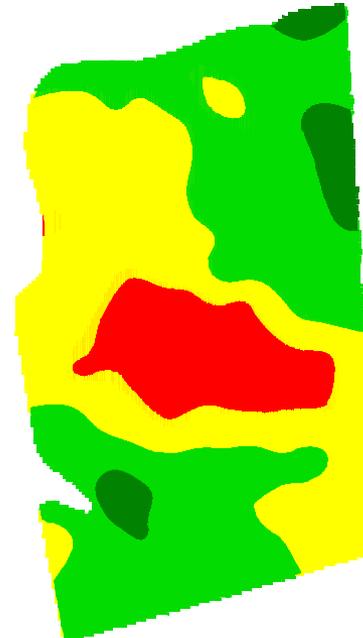
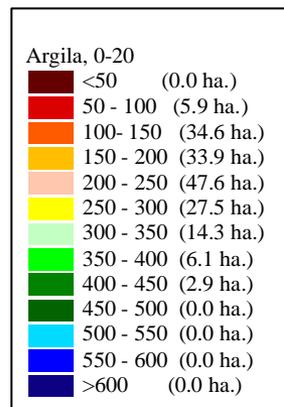
| Causa de Variação            | p-valor    |               |
|------------------------------|------------|---------------|
|                              | Pop. Final | Produtividade |
| Local                        | 0,0036     | 0,0001        |
| População                    | 0,0001     | 0,9672        |
| Adubação                     | 0,0001     | 0,0001        |
| Local x População            | 0,0001     | 0,5155        |
| Local x Adubação             | 0,0047     | 0,0284        |
| População x Adubação         | 0,7261     | 0,5685        |
| Local x Adubação x População | 0,6958     | 0,4133        |

| Adubação   | Produtividade, kg/ha  |                         |                       |
|--|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
|  | Local A,<br>maior CEa | Local M,<br>CEa Interm. | Local B,<br>menor CEa |
| 1 – 0 de P2O5 e 0 de K2O   | 3799                  | 2284 C                  | 1930 B                |
| 2 – 67 kg/ha de P2O5 e 0 de K2O  | 3585                  | 2584 BC                 | 2134 AB               |
| 3 – 0 kg/ha de P2O5 e 120 de K2O   | 3770                  | 2480 BC                 | 2037 AB               |
| 4 – 67 kg/ha de P2O5 e 120 de K2O  | 3896                  | 2990 A                  | 2330 A                |
| 5 – 134 kg/ha de P2O5 e 240 de K2O   | 3768                  | 2788 AB                 | 2303 A                |
| Média  | 3764 (100)            | 2630 (70)               | 2150 (57)             |
| p-valor teste F  | 0,1858                | 0,0001                  | 0,0065                |
| CV (%)   | 8,2                   | 12,5                    | 13,6                  |
| *Médias seguidos de mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. |                       |                         |                       |

Fazenda Rancho Alegre, Talhão 171

# Experimento

Fazenda Rancho Alegre, Talhão 171



## Produtividade, kg/ha

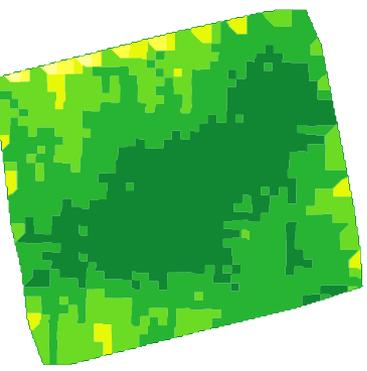
| <b>Adubação</b>            | <b>Local 1, maior CEa</b> | <b>Local 2, menor CEa</b> |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| N=0 + K <sub>2</sub> O=0   | 3939                      | 3296                      |
| N=0 + K <sub>2</sub> O=40  | 3875                      | 3702                      |
| N=0 + K <sub>2</sub> O=80  | 3822                      | 3620                      |
| N=40 + K <sub>2</sub> O=0  | 3914                      | 3327                      |
| N=40 + K <sub>2</sub> O=40 | 3955                      | 3565                      |
| N=40 + K <sub>2</sub> O=80 | 3941                      | 3571                      |
| Média                      | 3908 <sup>a</sup>         | 3513 <sup>b</sup>         |
| p-valor teste F            | 0,8435                    | 0,4995                    |
| CV (%)                     | 6                         | 14                        |

# Unidades de Manejo

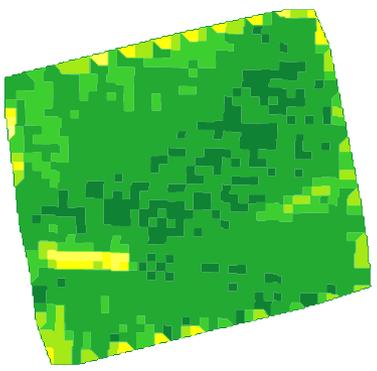


16 a 20  
outubro  
2016

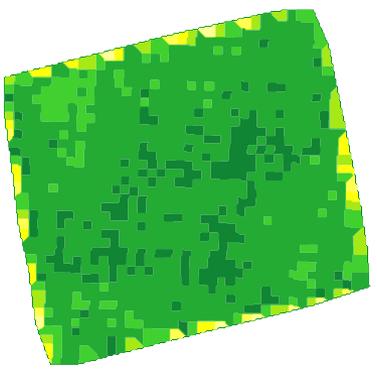
Centro de  
Convenções de  
GOIÂNIA - GO



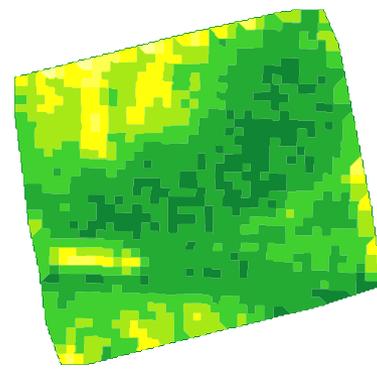
NDVI - 2008



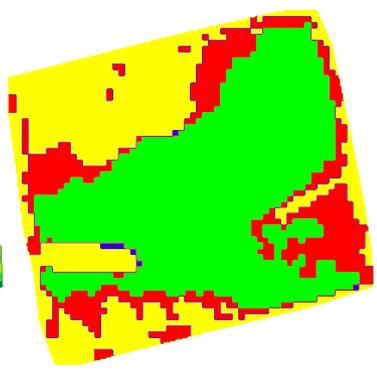
NDVI - 2009



NDVI - 2010

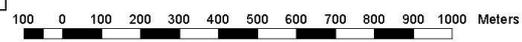
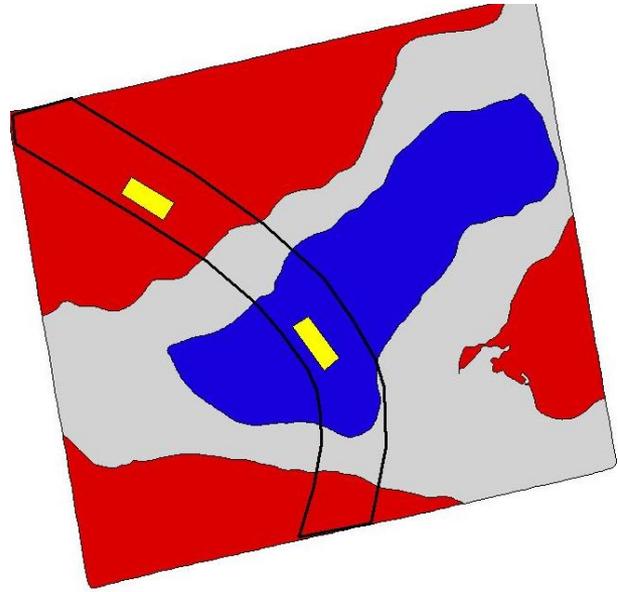
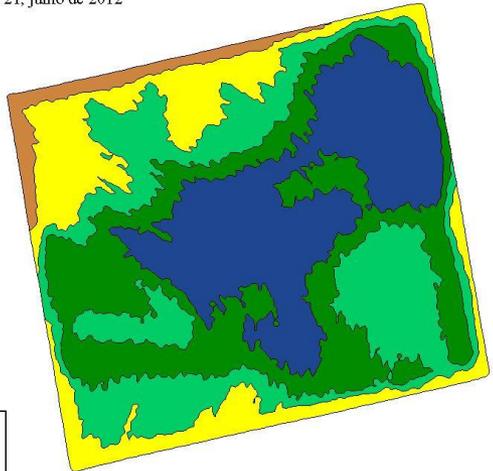


NDVI - 2011



Unidades

Fazenda Caimbé, Talhão 21, julho de 2012

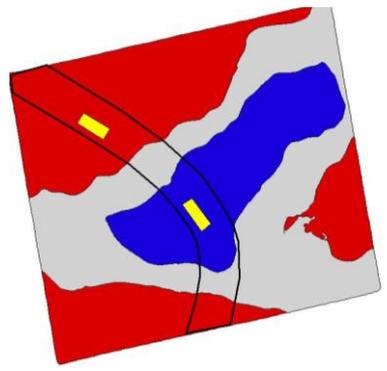


# População, Adubação, Regulador



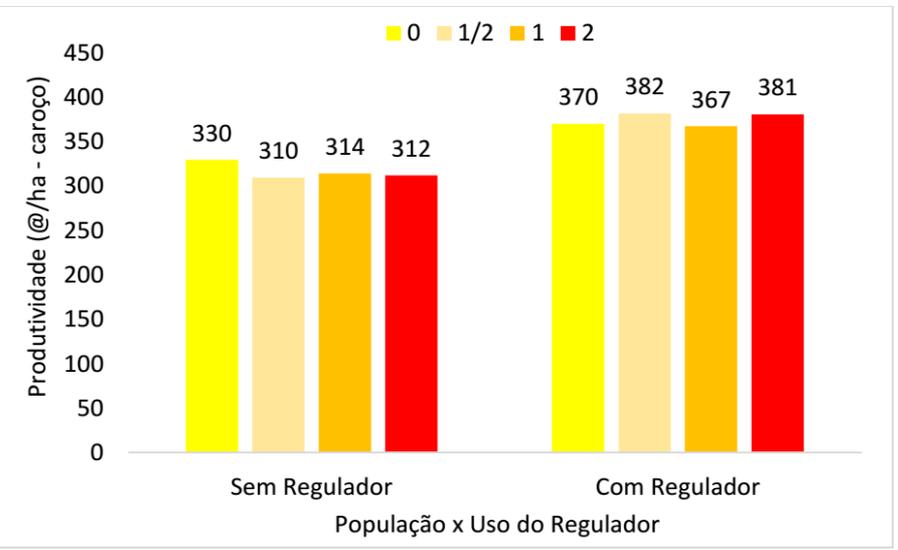
16 a 20  
outubro  
2016

Centro de  
Convenções de  
GOIÂNIA - GO

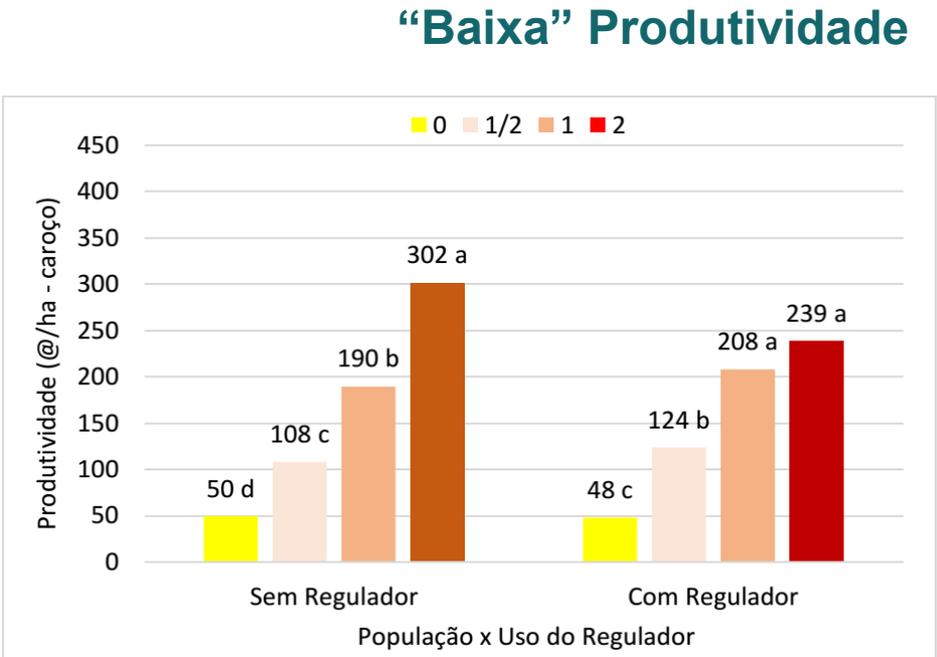


| Ambiente*           | Regulador | População, pl ha <sup>-1</sup> | Adubação de Cobertura** |
|---------------------|-----------|--------------------------------|-------------------------|
| Baixa Produtividade | Com       | 111.111                        | 0                       |
|                     |           | 89.000                         | ½ da recomendada        |
| Alta Produtividade  | Sem       | 61.000                         | 1 (padrão/recomendada)  |
|                     |           |                                | 2 x a recomendada       |

\*Ambientes definidos em função do mapa de produtividade e do mapa de condutividade elétrica aparente do solo (CEa). \*\*A adubação de semeadura foi a mesma para todos os tratamentos e a adubação de cobertura padrão foi composta por duas aplicações de 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, três aplicações de 27 kg ha<sup>-1</sup> de S e quatro aplicações de N sendo de 32, 46, 46 e 46 kg ha<sup>-1</sup>.



## “Alta” Produtividade



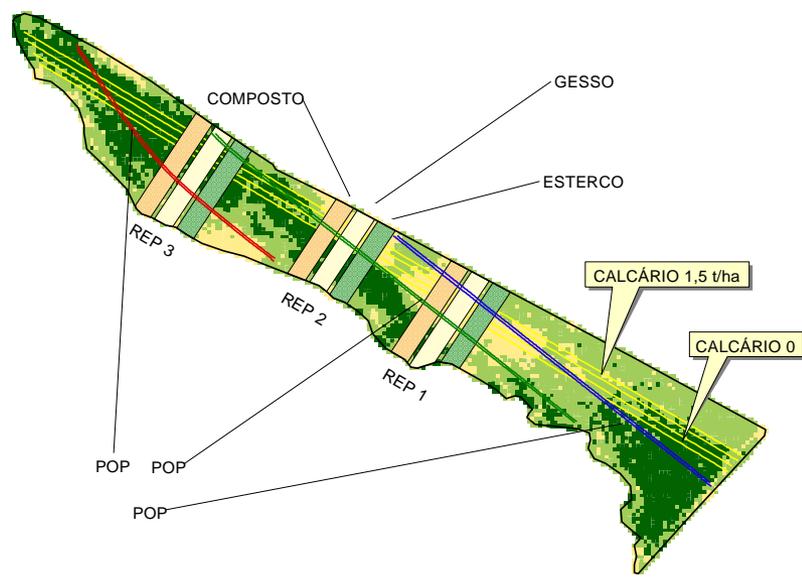
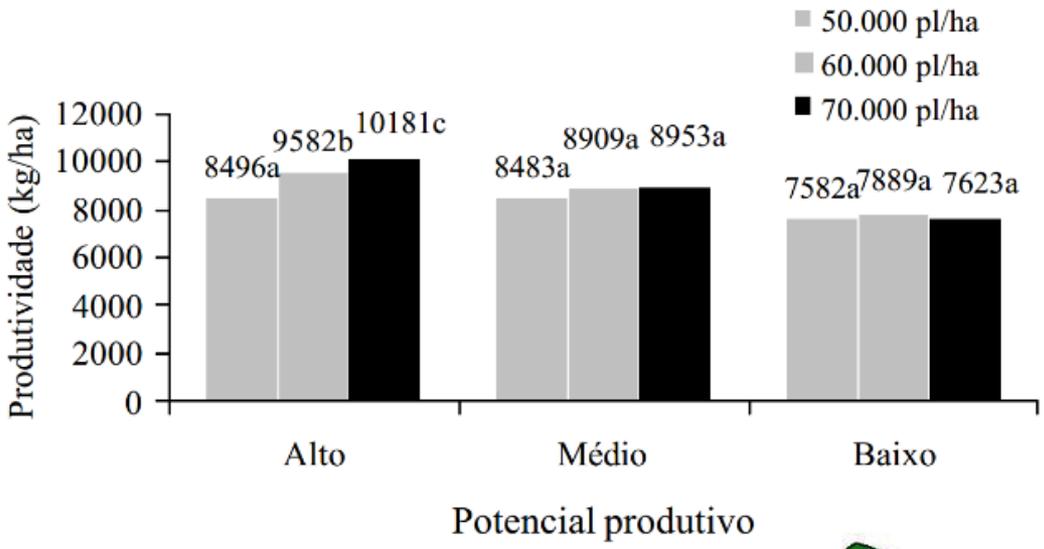
## “Baixa” Produtividade

# População , Correção, M.O.

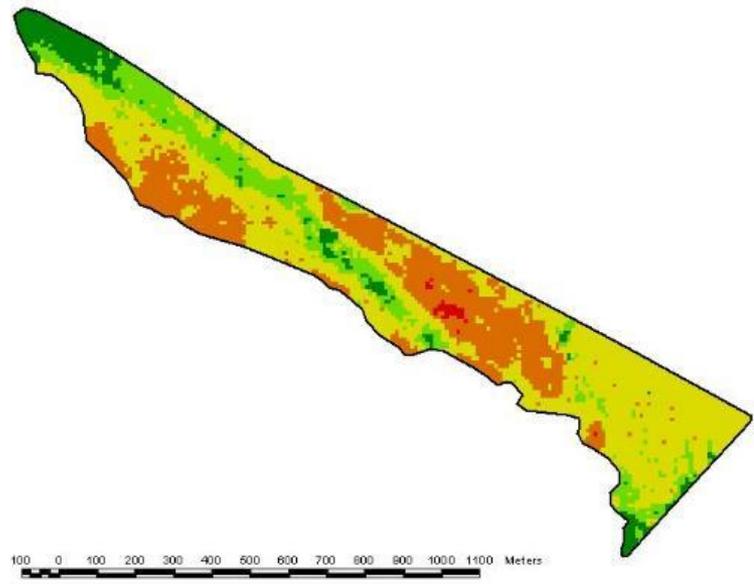


16 a 20  
outubro  
2016

Centro de  
Convenções de  
GOIÂNIA - GO



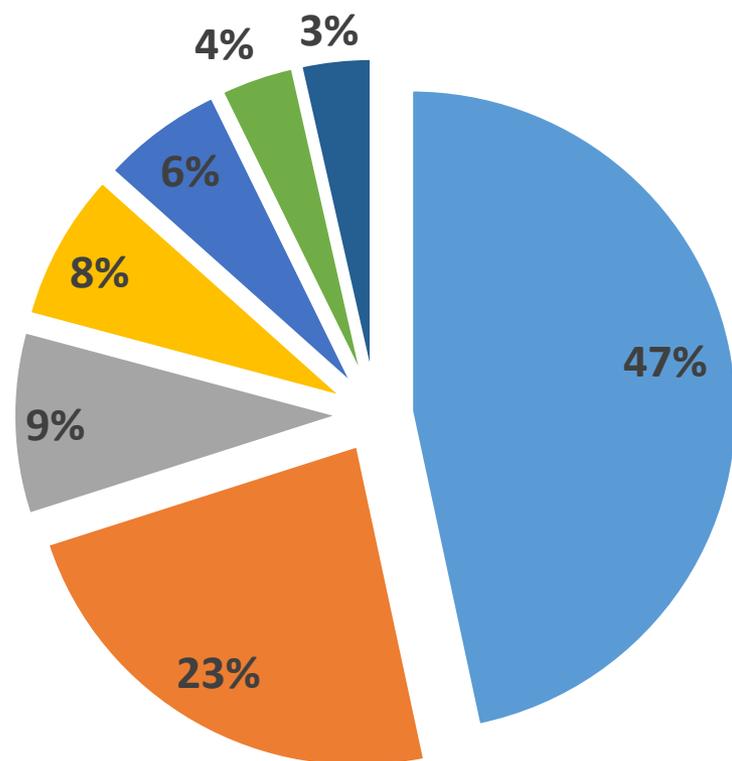
Gimenez, L. M., Fundação abc, (2003)



# Aspectos Operacionais

- Sazonalidade
- Ausência de planejamento
- Qualidade das operações mecanizadas
- Compatibilidade equipamentos

## Importância dos Serviços



- Amostragem de solo
- Assessoria agronômica
- Outros
- Venda de equipamentos
- Aplicação em taxa variável
- Imageamento
- Processamento de mapas de produtividade

Fonte: Associação Brasileira de Prestadores de Serviços de Agricultura de Precisão, 2015

# Quais as restrições para uso adequado da AP?

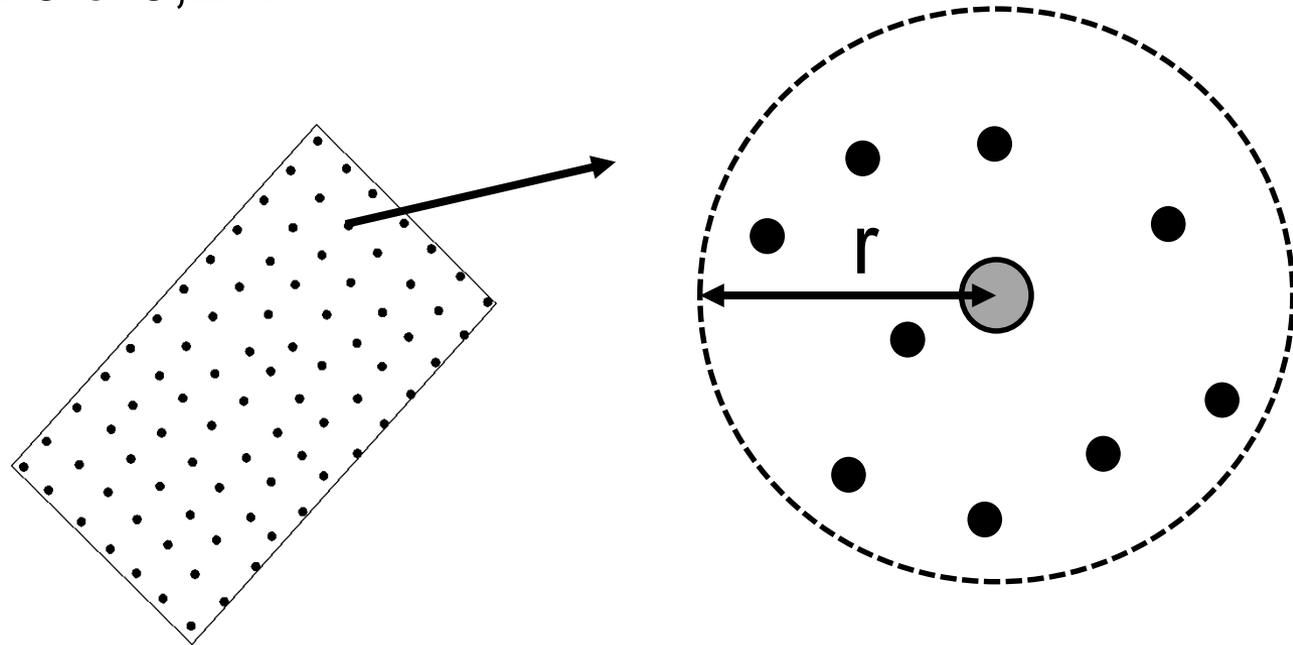
1 = baixa restrição, 5 = alta restrição



Fonte: Associação Brasileira de Prestadores de Serviços de Agricultura de Precisão, 2015

# “Padrão” de amostragem

- ✓ Grade regular – 8 subamostras por ponto
- ✓ Densidade desde 1 até 5 ha/amostra
- ✓ Camada 0 a 0,2 m

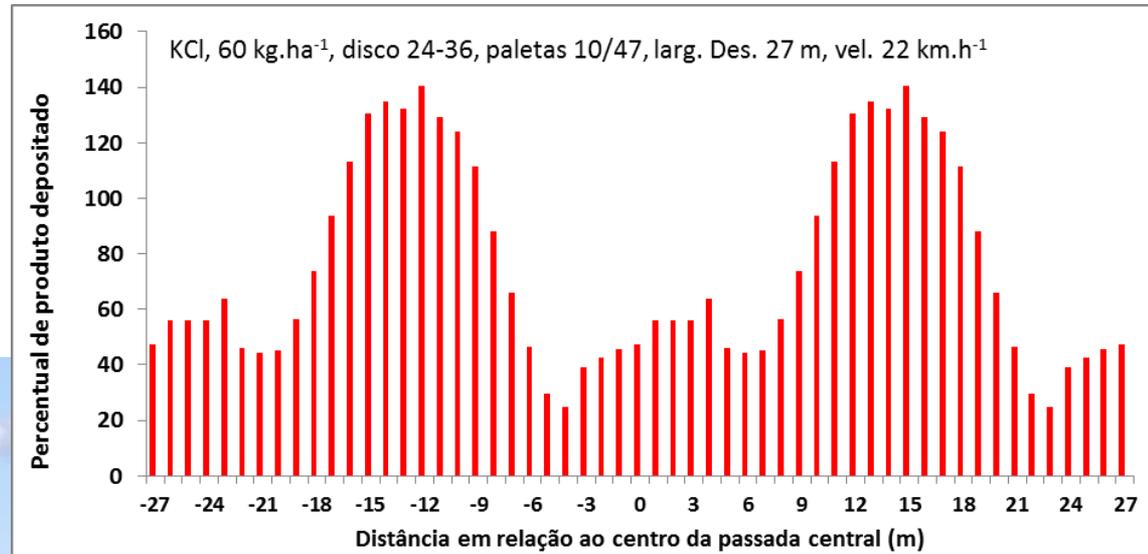


Fonte: Associação Brasileira de Prestadores de Serviços de Agricultura de Precisão, 2015

# Variabilidade Induzida por operação mecanizada



# Aplicação de fertilizantes e corretivos





**CENTRO**

**5 m**

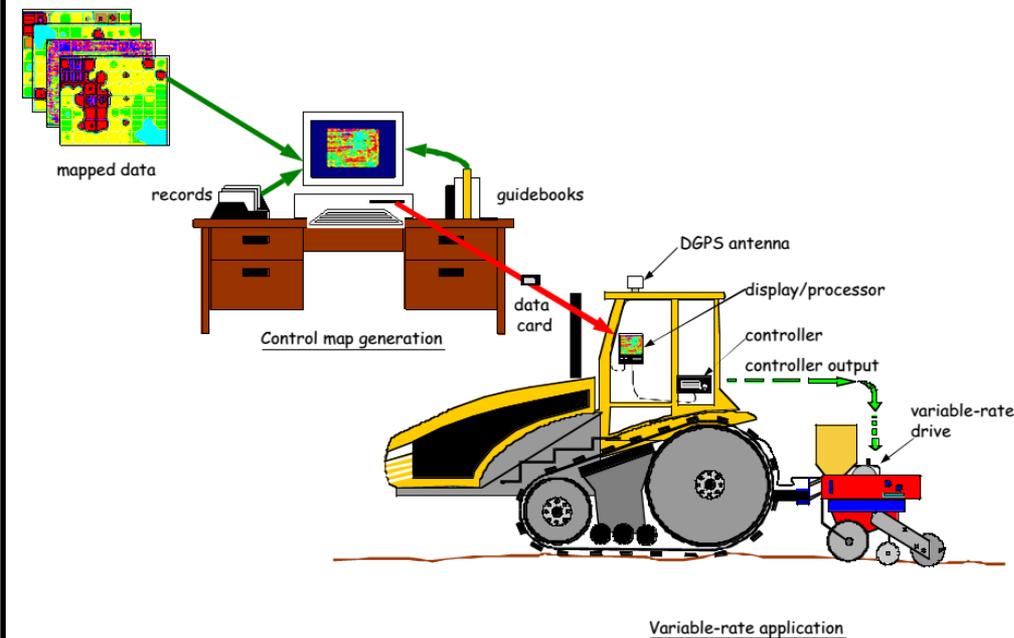
**10 m**

**15 m**

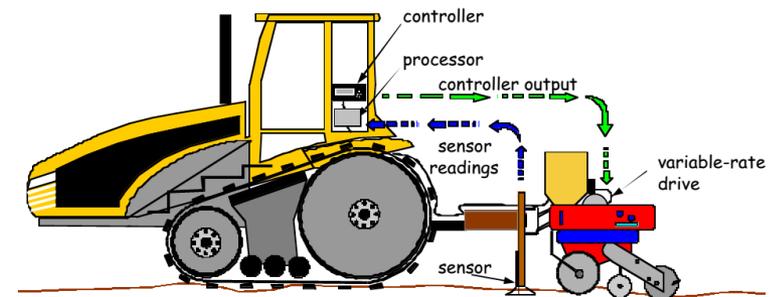
# Aspectos técnicos

- Quebra de paradigmas na comunidade científica
- Desenvolvimento de sistemas de apoio a decisão nacionais
- Estabelecimento de padrões para comunicação entre envolvidos

## Mapa de Prescrição



## Sensor – “tempo real”



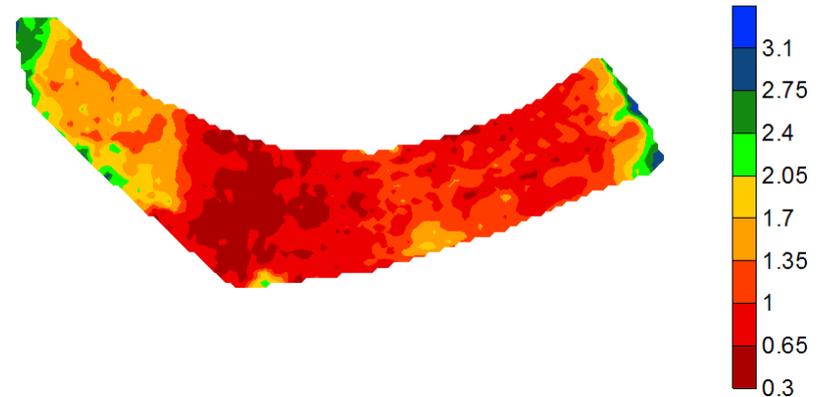
# Ferramentas com potencial e em uso

- Adubação nitrogenada com auxílio de sensores de vigor
- População de plantas em taxa variável
- Mapeamento da variabilidade do solo através da CEa
- Imagens aéreas para extração de alinhamentos, extração de feições
- Unidades de gestão/manejo

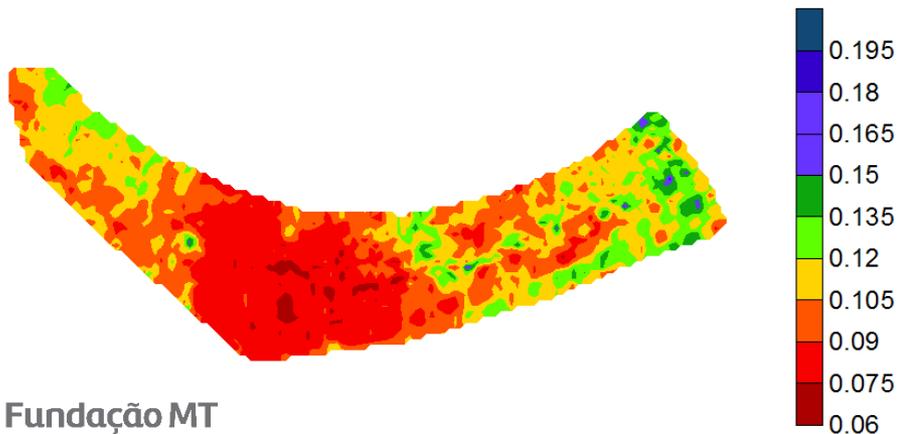
# Gestão da variabilidade em sistemas de produção



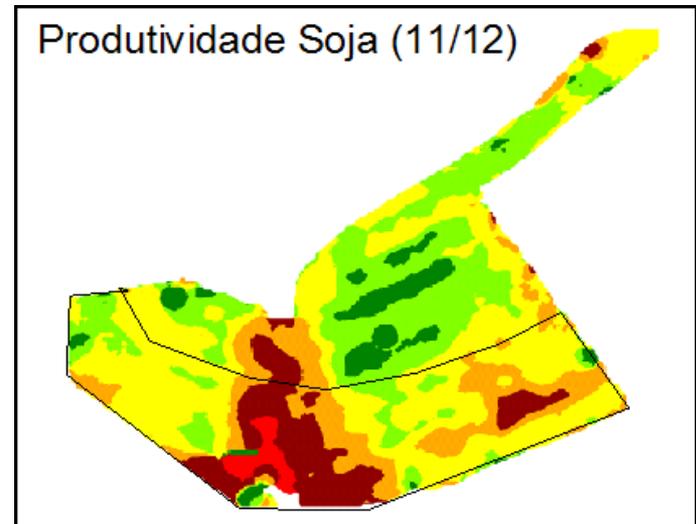
Condutividade Elétrica  
(mS.m<sup>-1</sup>)



NDVI - Crotalaria 2012



Produtividade Soja (11/12)



# Perspectivas futuras

- Sensoriamento orbital com resolução temporal
- Expansão do mercado de VANTs
- Sistemas de suporte ao uso de insumos
- Automação de máquinas agrícolas e telemetria

# Considerações Finais

- O sistema plantio direto fez 40 anos no Brasil e...
- Os problemas da “fertilidade” venderam e viabilizaram a AP, mas na medida que os sistemas de produção amadurecem outros fatores se apresentam;
- Em cada região/sistema de produção uma estratégia distinta: escala x intensificação;
- Transitoriedade, externalidades e confundimento dos efeitos das tecnologias;
- Avanços expressivos e muitas oportunidades para todos



16 a 20  
outubro  
2016

Centro de  
Convenções de  
GOIÂNIA - GO



# OBRIGADO

Leandro M. Gimenez

[Imgimenez@usp.br](mailto:Imgimenez@usp.br)